

## HEAT TRANSPORTING ELEMENT AND ELECTRONIC INSTRUMENT EMPLOYING THE ELEMENT

Patent Number: JP7286788  
Publication date: 1995-10-31  
Inventor(s): OHASHI SHIGEO; others: 04  
Applicant(s): HITACHI LTD  
Requested Patent: ☐ JP7286788  
Application Number: JP19940080152 19940419  
Priority Number(s):  
IPC Classification: F28D15/02; H01L23/427  
EC Classification:  
Equivalents:

### Abstract

**PURPOSE:** To permit the control of heat transporting capacity without employing any mechanical movable part by transporting heat, generated in a heat generating member, efficiently to a heat radiating member installed at any arbitrary place.

**CONSTITUTION:** Flat headers 1, 2 are connected through fine diametral tubes 3 while liquid 4 is sealed thereinto remaining a gas phase section 10 at the end of a flow passage. Flow passages are constituted in respective headers 1, 2 by fins 50, 51 while a capillary tube 7 is connected to a part of the flow passage in the header 2. The capillary tube is provided with a heating means 8 such as a heater or the like and liquid in the capillary tube is heated and boiled through bumping stepwise by pulse-type voltage supplied by a power supply 9. Upon bumping, the liquid is driven by a sudden pressure increase accompanied by evaporation. At the other end of the flow passage, the gas phase section 10 absorbs the fluctuation of volume.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-286788

(43)公開日 平成7年(1995)10月31日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

F 2 8 D 15/02

E

1 0 1 K

H 0 1 L 23/427

H 0 1 L 23/ 46

B

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平6-80152

(22)出願日 平成6年(1994)4月19日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 大橋 繁男

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 中島 忠克

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 田中 武雄

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

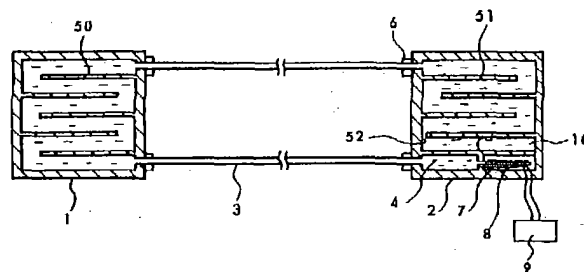
(54)【発明の名称】 熱輸送素子およびそれを用いた電子機器

(57)【要約】

【目的】 発熱部材で発生する熱を任意の場所に設置された放熱部材まで効率良く輸送し、機械的な可動部を用いることなく熱輸送能力の制御を可能にする。

【構成】 扁平なヘッダ1、2が細径チューブ3で接続され、内部に液体4が流路端部に気相部10を残して封入される。それぞれのヘッダ1、2の内部にはフィン50、51で流路が構成され、ヘッダ2の流路の一部に毛細管7が接続される。毛細管7には、ヒータ等の加熱手段8が設けられ、電源9によって毛細管内部の液をパルス状の電圧でステップ的に加熱、突沸させる。突沸時、気化に伴う急激な圧力上昇により液が駆動される。流路の他端では、気相部10が体積変動を吸収する。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】発熱部材並びに放熱部材に接続する内部に流路を備えた複数のヘッダからなり、ヘッダ間を細径チューブで接続し、内部に封入した液体を駆動させることによってヘッダ間で熱を輸送する装置において、ヘッダ内部及びチューブで構成される液流路の一部が電気的な加熱手段を備えた毛細管で構成されたことを特徴とする熱輸送素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は発熱部材の冷却装置に係り、特に、発熱部材から放熱部材に熱を輸送して発熱部材を所定の温度に保つようにする熱輸送素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の熱輸送素子として、特開昭62-500608号、特開平1-239323号、特開平3-25291号公報に、低温部と高温部のそれぞれの容器をパイプで接続し、機械的な可動機構を用いて液を振動させて熱輸送する装置の例が示されている。また、特開昭63-318493号、特開平1-163596号、特開平1-184396号、特開平4-251189号公報では、ループ状に形成したヒートパイプのパイプ中に逆止弁を設置し、内部の液を一方に循環させて熱を輸送するヒートパイプ、及び、逆止弁を用いないで細径管でループ状のヒートパイプを形成した例が示されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】特開昭62-500608号、特開平1-239323号、特開平3-25291号公報の例では、液を振動させるのに機械的な可動機構を用いて液を振動させている。このため、液駆動機構の動作信頼性の問題、さらに、熱輸送素子の小型化が困難であるという問題があった。一方、特開昭63-318493号、特開平1-163596号、特開平1-184396号、特開平4-251189号公報の例では、熱輸送性能の制御ができないという問題があった。

【0004】本発明の目的は、発熱部材の配置状態に左右されずに、発熱部材で発生する熱を任意の場所に設置された放熱部材まで効率良く輸送し、機械的な可動部を用いることなく熱輸送能力の制御を可能にする熱輸送素子及びそれを用いた電子機器等の冷却装置を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の熱輸送素子は、発熱部材、放熱部材のそれぞれに接触させた、内部にフィンを有する扁平状のヘッダ部材を細径チューブで接続し、内部に液を封入する。さらに、ヘッダ内部及びチューブで構成される液流路の一部にヒータ等の加熱手段を備えた毛細管部を設け、加熱手段に外部から間欠的に電力を加え、毛細管部に封入された液の一部を強制的に一時的に蒸発させるように

した。また、ヘッダ内部及びチューブで構成される液流路をループ状のヒートパイプで構成し、流路の一部にヒータ等の加熱手段を備えた。

## 【0006】

【作用】間欠的なパルス状の電力の印加によって毛細管部内の液が加熱されると、液の一部が突沸する。この時、気化に伴う急激な圧力上昇により液が流路内で押しのけられヘッダ間で液が駆動される。印加の休止期間中では、蒸気が凝縮液化し、押しのけられた液が再び戻ってくる。このサイクルで液が流路内で振動を繰り返すことになり、ヘッダ間で熱が輸送される。気化に伴う急激な圧力上昇により液を駆動できるので、機械的な可動部を必要としないだけでなく、印加電圧の大きさ、印加周波数、パルスの印加時間と休止時間との比等によって液駆動の条件を制御でき、熱輸送能力が制御できる。一方、発熱部材、放熱部材のそれぞれに接触させたヘッダの接続に細径チューブを用いているので、スペースの関係で限定された場所に設置された放熱部材であっても、発熱部材以外の部材の配置にかかわらず、それらを避けて接続できる。発熱部材とヘッダとは熱的に直接接続され、さらに、ヘッダ内に設けたフィンによって効率良くヘッダ内の液に熱が伝熱される。液は、この機構でヘッダ間で振動しているので発熱部材に接続されたヘッダから放熱部材に接続されたヘッダに効率よく熱を輸送する。同様に、放熱部材側のヘッダも熱的に直接放熱部材に接続されているので、輸送された熱は効率よく放熱される。従って、発熱部材で発生する熱を任意の場所に設置された放熱部材まで効率良く輸送することができる。

## 【0007】

【実施例】図1に本発明の実施例を示す。扁平なヘッダ1、2がコネクタ6を介して複数の細径チューブ3で接続され、内部に液体4例えば水が封入されている。それぞれのヘッダ1、2の内部にはフィン50、51が設けられ流路が構成されるとともに、ヘッダ壁より内部の液体に効率よく熱が伝わる。さらに、ヘッダ2の流路の一部に毛細管7が接続され、毛細管7には、たとえば、ヒータ等の加熱手段8が設けられ加熱手段8に接続した電源9によって毛細管内部の液を加熱できるようになっている。加熱手段の例は、毛細管にヒータ線を巻きつけたもの、毛細管を適当な電気抵抗を有する導体で形成し、直接通電したもの、あるいは、導体を毛細管に蒸着もしくは毛細管壁中に内蔵したものなどがある。それぞれのヘッダ1、2は放熱部材、発熱部材に接触などの手段によって熱的に接続される。ヘッダの大きさは、発熱部材、放熱部材の大きさに応じて任意に設定できる。細径チューブ3は、内径1mm前後で金属もしくは樹脂性である。内径が小さいため金属性であっても両ヘッダは柔軟な位置関係で設置できる。一方、毛細管7は、たとえば、内径が0.1~0.2mmのステンレスパイプで、熱容量が小さいほど望ましい。流路内部の液4は、流路端部

に空気等不凝縮ガスの気相部 10 を残して封入される。気相部 10 が形成される流路断面の一部 52 は、他の流路部に比べ部分的に断面積が小さくなっている。ヘッダがどのような姿勢に置かれても気相部 10 内の空気は、断面積がしばられているので、表面張力によって空気が保持され、ヘッダ内への散逸が妨げられる。本構成によって、次のように動作する。電源 9 によって、例えば、矩形状の電圧を発生させ、ヒータ 8 で毛細管 7 内の液をステップ的に加熱し、突沸させる。液は、毛細管 7 内の非常に狭い領域内に保持されているので極めて容易に沸騰が開始する。従って、電源 9 の印加時間は瞬間的でよく、時間平均した総印加電力は、極めて少なくても良い。突沸時、気化に伴う急激な圧力上昇により液が流路内で押しのけられる。ヘッダ間で液が駆動される。一方、流路の他端では、気相部 10 内のガスが縮んで気化に伴う体積変動を吸収する。印加の休止期間中では、蒸気が凝縮液化し、押しのけられた液が再び戻って来る。このサイクルで液が流路内で振動を繰り返すことになり、ヘッダ間で熱が輸送される。例えば、水の場合、液体と蒸気で密度比がほぼ 1800 倍であるので、液の振動で数 W の熱を輸送するのに必要な気化させる液量は、0.1 mm<sup>3</sup> のオーダーでよい。熱輸送能力は、流路内での液振動の振幅、周波数に依存し、振幅が大きいほど、すなわち、気化させる液量が多い場合ほど、また、周波数が高い場合ほど熱輸送能力が大きい。従って、毛細管内部の液量、電源の電圧パルスの印加電圧、印加電圧の波形、周波数、印加時間と休止時間の比などによって熱輸送能力を制御することができる。本実施例により、発熱部材、放熱部材の配置位置が限定されていても、ヘッダの一方、例えば、ヘッダ 1 を発熱部材に、他方のヘッダ 2 を放熱部材にそれぞれ接触させる（逆に、ヘッダ 2 が発熱部材に接続されてもよい）ことによって、部材の配置状態に左右されずに、発熱部材で発生する熱を放熱部材まで効率良く輸送することができ、発熱部材が冷却される。なお、放熱部材は、ヘッダ表面に放熱フィンを形成してヘッダと一体構造としてもよい。

【0008】図 2 に他の実施例を示す。図 1 に示した実施例と類似した構成で、流路端部に気相部を設けず、ペロー 11 を接続する。本実施例では、流路内部に気相部がないので、流路中へのガスの散逸がなく熱輸送が妨げられることはない。ペロー 11 は、毛細管 7 内部の液の気化に伴う体積変動を吸収するとともに、ばね力で給電休止期間中における気化した蒸気の圧力増加を図り、蒸気の凝縮を促進する。従って、凝縮までの時間の短縮、すなわち、元の状態に戻るまでの時間を短縮しサイクルを早くすることができる。従って、液振動の周波数を増大できるので熱輸送能力の高性能化が図れる。

【0009】他の実施例を図 3 に示す。本実施例では、発熱部材ならびに放熱部材に接続するヘッダを金属板 12、13 にパイプ 31 を溶接したもので構成し、両ヘッ

ダをコネクタ 6 を介して複数の細径チューブで接続し、1パスの流路で構成されている。流路両端部には、電源 91 に接続されたヒータ等の加熱手段を備えた毛細管 81、82 が接続されている。パイプ 31 は、細径チューブ 3 を金属製として細径チューブ 3 と同一チューブで構成してもよい。その場合コネクタ 6 は不要である。流路内には、液 4、例えば、水を、流路の一部に空気もしくは蒸気 14 を残して封入する。電源 91 は、位相の異なるパルス状の  $V_1$ 、 $V_2$  の電圧を発生し交互に毛細管 81、82 内部の液を加熱、突沸させる。この時の体積変動は、気相 14 の伸縮によって吸収される。毛細管 81、82 内部の液が交互に加熱されるので、一方の印加休止期間すなわち凝縮時間中に他方が突沸（この時、突沸に伴う圧力増加で他方の凝縮時間が短縮される）するというサイクルになるため、早いサイクルの液振動が可能である。また、細径チューブ 3 を複数設けることで、流路途中に気相部 14 があっても全体の熱輸送能力を確保できる。本実施例のように、流路の両端に毛細管を設けた構成は、図 1、図 2 で示したヘッダ構造の場合であっても同様に適用できる。

【0010】図 4 に他の実施例を示す。本実施例は、図 1 に示した実施例と同様な構成で、ヘッダ内の毛細管部の他の実施例である。ヘッダ 2 の内部にはフィン 51 が設けられ流路が構成されるとともに、ヘッダ壁より内部の液体に効率よく熱が伝わる。さらに、ヘッダ 2 の流路の途中に毛細管 7 が接続され、毛細管 7 の前後の流路断面積が大きくなるように構成している。毛細管 7 は、内径が 0.1~0.2 mm であり、面積比は、数百倍程度になる。毛細管 7 には、たとえば、ヒータ等の加熱手段 8 が設けられ毛細管内部の液を加熱できるようになっている。他方の流路端部には、気相部 10 を形成して液が封入される。気相部 10 が形成される流路断面の一部 52 は、他の流路部に比べ部分的に断面積が小さくなっており、表面張力によって空気が保持されている。気相部 10 は、突沸時の変動体積を吸収する。また、毛細管 7 につながる閉塞側の流路 16 の一部に、気相部 10 に比べ十分小さい体積の第 2 の気相部 17 を残しておく。毛細管 7 内部の液が突沸するとき、気相部の変動できる体積は、気相部 10 の方が第 2 の気相部 17 に比べ十分大きいので、チューブ側領域の流路 15 から液が押し出される。加熱休止時には、空気領域 17 に気液界面が存在するため表面張力によって流路 16 内の液がすぐに毛細管内に供給される。しかし、毛細管内の体積は、流路 16 の体積に比べ極めて小さいため、第 2 の気相部 17 の体積をほとんど変動させることなく、圧力もほぼ一定で問題なく液が毛細管内部に供給される。なお、気相部 10 のかわりに、実施例図 2 で示したようにペローを流路端部に設けてもよい。

【0011】図 5 に他の実施例を示す。本実施例は、図 2 に示した実施例と同様な構成で、毛細管部を備えたヘ

ッダの他の実施例である。図5は、複数の金属板180に金属パイプ19を貫通させて一体構造とし、コネクタ6を介して細径チューブ3を接続し1パスの流路が構成されている。流路の両端には、毛細管7、及び、ベロー11が設けられる。なお、ベローの代わりに、図1で示したような、流路内端部に気相部を形成してもよい。また、細径チューブ3を金属製にして金属パイプ19と同一としてもよい。ベロー11の機能、液振動の動作などは、前述と同様である。本実施例では、ヘッダ部が放熱フィンで構成されるので、発熱部材に接続されるヘッダ

から輸送されてくる熱が直接放熱される。従って、高い放熱効果が得られる。なお、ファンなどによって空気を流してもよい  
本発明の他の実施例を図6に示す。本実施例は、放熱側のヘッダが図5で示した実施例と同様な構成で、発熱部材に接続されるヘッダを複数個備えており、それぞれのヘッダ1aないし1eが放熱側のヘッダである放熱フィン18に1パスの連続した流路で接続されている。流路の端部には、それぞれ毛細管7、ベロー11が接続され、毛細管7内の液の突沸によって、ヘッダ1aないし1eと放熱フィン18との間で液振動し熱が輸送される。従って、複数の発熱部材が分散して配置されている場合でも、放熱フィン18で一括して放熱できる。

【0012】他の実施例を図7に示す。本実施例では、発熱部材ならびに放熱部材に接続するヘッダを金属板12、13にパイプ31を溶接したもので構成し、両ヘッダを複数の細径チューブ3a、bで接続し、ループ状の流路を構成している。流路の一部には、ヒータ等の加熱手段8を備えた毛細管7が接続されている。パイプ31は、細径チューブ3を金属製として細径チューブ3と同一チューブで構成してもよい。流路内には、液4、例えば、水を流路の一部に空気等の不凝縮性ガスを残して封入する。ヒータ8にパルス状の電圧を印加することによって、毛細管7内部の液を加熱、突沸させる。毛細管7内部の液が突沸すると、流路中の液は、毛細管前後に押し出され、パイプ3a、b内の液がヘッダ12、13との間で同方向に移動する。印加の休止期間中では、蒸気が凝縮液化し、押しのけられた液が再び戻って来る。この時の体積変動は、気相14の伸縮によって吸収される。このサイクルで液が流路内で振動を繰り返すことになり、ヘッダ間で熱が輸送される。しかし、製造上のばらつき、形状の非対象性などで毛細管前後の流路内の流動抵抗は必ずしも等しいとはいえず、毛細管前後で押し出される液量が等しいとは限らない。従って、液の振動、循環が混在した状態もありえる。しかし、パイプ内での液循環も熱輸送性能を増大させることになるので、熱輸送性能を低下させることはない。

【0013】他の実施例を図8に示す。本実施例では、発熱部材ならびに放熱部材に接続するヘッダを金属板12、13にパイプ3a、3bを溶接したものでループ状

の流路を形成し、流路の一部にヒータ等の加熱手段8を取り付ける。さらに、流路内に液体を封入し、不凝縮ガスを除去してループ状のヒートパイプを構成する。例えば、ヘッダ12を発熱部材に接続する。ヘッダ12が加熱されると、ヘッダ12内の液が蒸発する。この時、間欠的にヒータ8で流路内部の液を加熱すると、加熱時間中にパイプ3a、3b内で圧力のアンバランスが生じることになる。従って、パイプ3b側にヒータを設けた場合、3b側の圧力が高くなり、発生した蒸気は、3bから3aの方向に流れる。一方、加熱が休止されるとパイプ3b内の圧力が下がる。この時、パイプ3a内は、気液二層流状態であるので、逆に3a側の圧力損失が相対的に大きくなる。このため、パイプ3aから3b側に流れるようになる。この繰返して液振動が起こる。発熱部での液の蒸発、及び、発熱部と放熱部との間での液振動で高い熱輸送性能が得られる。なお、この動作は、ヒータ8の加熱量、加熱時間などの外部条件に対して不安定であり、パイプ内で液の振動、循環が混在した状態もありうる。しかし、パイプ内での液循環も熱輸送性能を増大させることになるので、熱輸送性能を低下させることはない。

【0014】図9に、図1などで示した熱輸送素子を電子機器に用いた場合の実施例を示す。電子機器は、複数の半導体素子を搭載した配線基板21、キーボード46、ディスク装置41、表示装置45などからなる。配線基板21に搭載された半導体素子のうち、発熱量の特に大きい半導体素子20にヘッダ1が接続される。半導体素子20とヘッダ1とはサーマルコンパウンド、あるいは、高熱伝導シリコンゴムなどを挟んで接触させ、半導体素子20で発生する熱を効率よくヘッダ1に伝える。さらに、半導体素子20に接続されたヘッダ1は細径チューブ3によって、表示装置45を備えた筐体48内側の背面に取り付けられたヘッダ2に接続されている。ヘッダ2は筐体48の壁面に、たとえば、サーマルコンパウンド、高熱伝導シリコンゴムなどを挟んで、あるいは、直接ネジ47止めされており、ヘッダ1、2の内部には液体が封入されている。ヘッダ2の内部には、ヒータと一体で毛細管部を備え、ヒータへは、配線基板21上に構成されたパルス電圧発生回路からコネクタ23、配線24を介して給電される。放熱側のヘッダ2は、表示装置筐体48の背面の広い面積が利用できるので、自然放熱によっても効果的な放熱が可能となる。さらに、筐体48を金属性とするので、熱が筐体壁面内で拡散され高い放熱性能を得ることができる。また、ヘッダ間は細径チューブによって接続されるので、狭い筐体内に多数の部品が実装された状態においても、高発熱半導体素子と放熱部分とが容易に熱的に接続できるので、電子機器の実装構造に左右されることなく効率的に半導体素子を冷却することができる。

【0015】図10に、本発明を図9と同様な電子機器

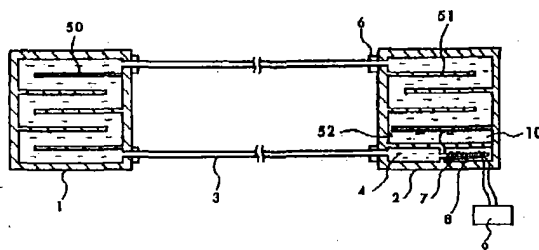
7

に用いた場合の他の実施例を示す。本実施例では、放熱側のヘッダ2は、配線基板21などが搭載された本体側筐体37内後部に放熱フィン74及びファン71とともに設置される。放熱フィン74は、ヘッダ2と一体構造、もしくは、サーマルコンパウンド、高熱伝導シリコンゴムなどを挟んで接続され、ファン71によって冷却される。本実施例によれば、ファン71、放熱フィン74を筐体内の限られたスペースを利用して設置しても、細径チューブ3によって他の部材を避けて任意にヘッダ間を接続しているので、装置の実装状態に左右されることなく高発熱半導体素子20と放熱フィン74とを容易に熱的に接続でき、ファン71で強制空冷できる。よって、効率的に半導体素子を冷却することができる。なお、図9、図10では、本発明をラップトップ型の電子機器に適用した例を示したが、他の構成から成る電子機器などにも適用できる。

【0016】図11に、本発明を他の電子機器に用いた場合の実施例を示す。電子機器は、複数の半導体素子を搭載した配線基板21が積層されてバックボード22に搭載されている。さらに、半導体素子などで発生した熱を電子機器外に放熱する放熱器18やファン71を備えている。配線基板21に搭載された半導体素子のうち、発熱量の特に大きい半導体素子20にヘッダ1が接続される。半導体素子20とヘッダ1とはサーマルコンパウンド、あるいは、高熱伝導シリコンゴムなどを挟んで接触させ、半導体素子20で発生する熱を効率よくヘッダ1に伝える。さらに、複数の配線基板21上の半導体素子20に接続されたヘッダ1は細径チューブ3によって、一括して放熱フィン18に接続される。本実施例のヘッダは、図6で示した実施例と同様な構成で、発熱部材に接続される複数のヘッダが、放熱側のヘッダである放熱フィン18に1パスの連続した流路で接続されている。流路の端部には、それぞれ毛細管7、ベロー11が接続され、毛細管7内の液の突沸によって、各ヘッダと放熱フィン18との間で液振動し熱が輸送される。放熱

【図1】

図 1



8

フィン18は、複数の金属板180に金属パイプ19を貫通させた一体構造で、ファン71によって冷却される。半導体素子で発生した熱は、放熱フィン18に輸送されファン71によって筐体外部に放熱される。本実施例によれば、高発熱半導体素子を搭載した配線基板群が密に配置された電子機器であっても、発熱部と放熱部を細径チューブで接続しているので、放熱器を設置スペースに比較的余裕のある場所、例えば、筐体端部に配置することができファンを用いて効率よく筐体外部に放熱できる。従って、装置の高性能化、小型化が可能となる。【0017】

【発明の効果】本発明によれば、発熱部材で発生する熱を任意の場所に設置された放熱部材まで、部材の配置状態に左右されずに効率良く輸送するとともに、機械的な可動部を用いることなく熱輸送能力の制御を可能にする熱輸送素子及びそれを用いた冷却装置を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

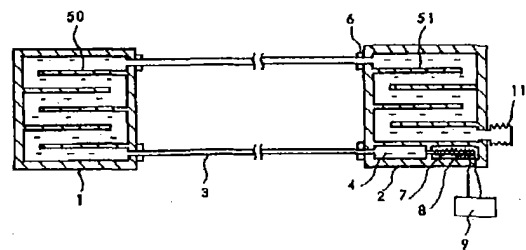
- 【図1】 本発明の一実施例の断面図。
- 【図2】 本発明の他の実施例の断面図。
- 【図3】 本発明の他の実施例の断面図。
- 【図4】 本発明の他の実施例の説明図。
- 【図5】 本発明の他の実施例の説明図。
- 【図6】 本発明の他の実施例の説明図。
- 【図7】 本発明の他の実施例の断面図。
- 【図8】 本発明の他の実施例の説明図。
- 【図9】 本発明の他の実施例の斜視図。
- 【図10】 本発明の他の実施例の斜視図。
- 【図11】 本発明の他の実施例の斜視図。

#### 【符号の説明】

1、2…ヘッダ、3…細径チューブ、4…冷却液体、7…毛細管、8…液加熱手段、9…電源、10、14…気相部、11…ベロー、18…放熱フィン、20…半導体素子、21…配線基板。

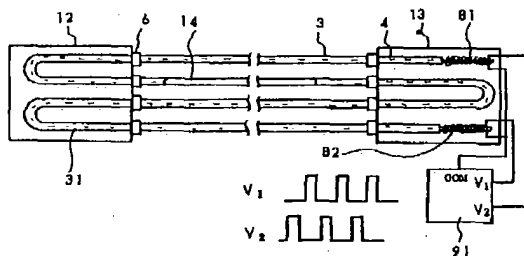
【図2】

図 2



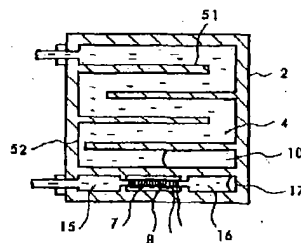
【図3】

図 3



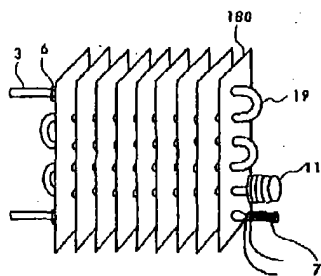
【図4】

図 4



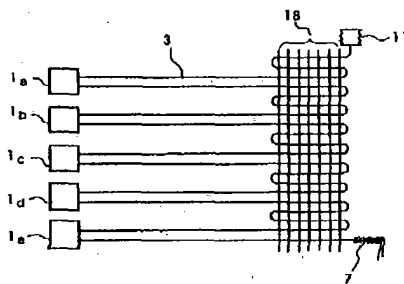
【図5】

図 5



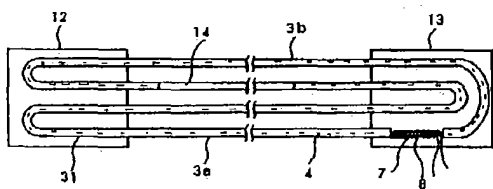
【図6】

図 6



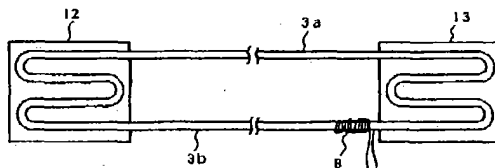
【図7】

図 7



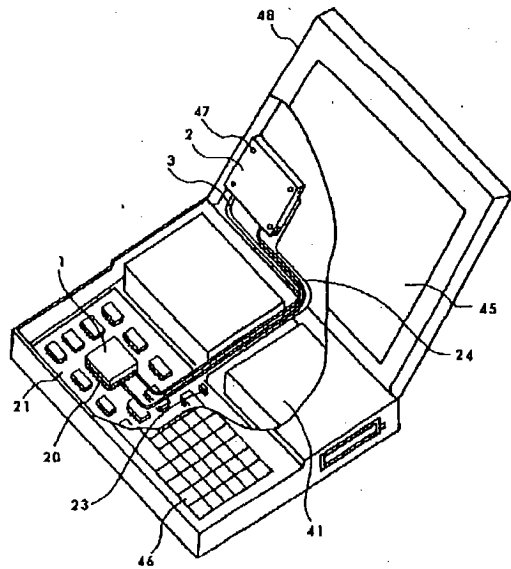
【図8】

図 8



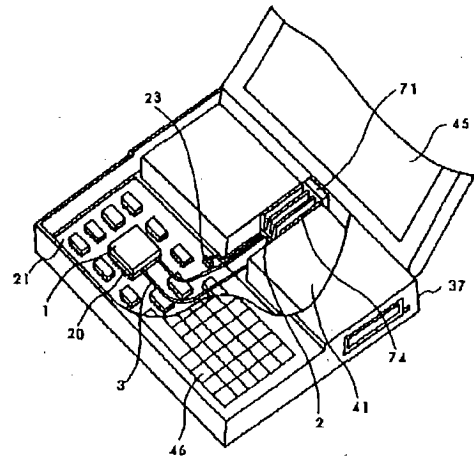
【図9】

図 9



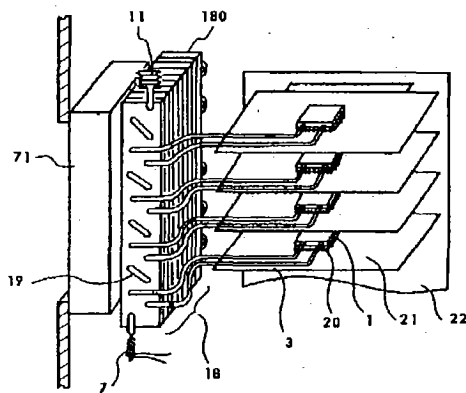
【図10】

図 10



【図11】

図 11



フロントページの続き

(72) 発明者 本間 満

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 畑田 敏夫

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内